Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik II
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Weber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Experimentelle Untersuchungen zum Dimensionsverhalten vollkeramischer Kronen (CERESTORE-System)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
DIETMAR KNUPFER
aus Laichingen

1986

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543903_0091

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik II
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Weber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Experimentelle Untersuchungen zum Dimensionsverhalten vollkeramischer Kronen (CERESTORE-System)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
DIETMAR KNUPFER
aus Laichingen

1986

Dekan: Professor Dr. W. Schulte
1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Weber
2. Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Ziel der Arbeit	6
Prüfkörperherstellung	7
Versuchsanordnung Teil 1	9
Versuchsanordnung Teil 2	11
Arbeitsablauf	13
Vermessung der Prüfkörper	21
Graphische Darstellung (Standard-Brennprogramm)	25
Ergebnis Standard-Brennprogramm	35
Graphische Darstellung (Kurz-Brennprogramm)	37
Ergebnis Kurz-Brennprogramm	41
Graphische Darstellung (Epoxy)	44
Ergebnis Epoxy	46
Zusammenfassung	47
Literaturverzeichnis	50
Anhang	52

Einleitung

Schon bald nachdem man in der Lage war, Porzellan als zahnärztlichen Werkstoff einzusetzen gab es Bestrebungen, Herstellungsmethoden für eine Vollkeramikkrone zu entwickeln.
Die Bemühungen den klinischen Anforderungen gerecht zu werden, führten zur Anfertigung von Jacketkronen, die auf einem gefalzten Platinhütchen hergestellt werden, welches nach dem Brand wieder entfernt wurde. Es wurden keramische Massen entwickelt, die mit Aluminiumoxid verstärkt, die Stabilität von Jacketkronen erhöhen und gute ästhetische Ergebnisse erzielen lassen. (Mc Lean 1978)
Die eben genannte mineralische Jacketkrone setzte nicht nur spezielle Schulung und Begabung des Zahntechnikers voraus, sondern führt bei der Herstellung, besonders unter dem Aspekt der Randspaltbildung, häufig nur zu unbefriedigenden Resultaten.
Aus Gründen der Festigkeit einer solchen Krone ist eine Präparation mit Stufe notwendig, was eine ausgeprägte Reduktion der Zahnhartsubstanz bedingt. Gerade diesbezüglich bot die metallkeramische Krone eindeutige Vorteile. Die metallene Struktur machte aufgrund ihrer stabilisierenden Wirkung nicht nur die Anfertigung von einzelnen Kronen, sondern auch von Brückenarbeiten möglich. Allerdings wies seit jeher der Kronenrand im Bereich der Verblendung eine komplexe Problematik auf, die zu Konstruktionsänderungen in diesem Bereich führte. Das zur Verbesserung der Ästhetik immer wieder vorgenommene Bebrennen des metallenen Gerüsts mit keramischer Masse bis zum Rand hin, muß aus parodontalhygienischer Sicht abgeleht werden.

Für parodontal geschwächte Zahnreihen eignen sich metallkeramische Konstruktionen nur mit Vorbehalt als Rekonstruktionsmittel. (Mühlemann et al. 1978)
Durch das Bebrennen können sich Dimensionsänderungen am metallkeramischen Gerüst ergeben, die einfach Systeminhärent sind. Der Oxydbrand bewirkt eine allseitige Veränderung der Kroneninnenlumina. (Freesmeyer 1981)
Auch das Beschichten mit keramischer Masse und der darauffolgende Sinterungsprozess bringt Formveränderungen mit sich. Bei Kronen, die nicht aufgebrannt werden, die aber den Brennvorgang durchlaufen haben, ist eine deutlich geringere Dimensionsverkleinerung zu erkennen. Sie ist in allen Richtungen gleichmäßiger, so daß gesagt werden kann, daß die Schrumpfung durch die keramische Masse verursacht wird. (Freesmeyer et al. 1979)
Diese feinen und klinisch nicht immer meßbaren Deformationen ziehen Paßungenauigkeiten nach sich, die für parodontale Spätschäden in diesem Bereich mitverantwortlich sein mögen. Immer wieder ist nach längerer Tragezeit von metallkeramischen Restaurationen zu beobachten, daß die feinen metallenen Ränder, wenn sie im einsehbaren Bereich aus Gründen der Ästhetik in den marginalen Zahnfleischsulcus verlegt wurden, sichtbar werden.
Will man künftig vor allem aus Kostengründen Goldlegierungen immer mehr durch goldreduzierte oder durch Nicht-Edelmetall-Legierungen ersetzen, muß man eine neue Problematik erwarten. Bei der Verwendung edelmetallreduzierter Legierungen ist der Erfahrungsumfang in der Verarbeitung und klinischen Anwendungen je nach Verwendungszweck sehr verschieden, im allgemeinen äußerst gering und lückenhaft. Die Problematik wächst mit Reduktion des Goldanteils. (Weber 1982)

Edelmetallfreie Legierungen stellen wohl eine mögliche Alternative zu edelmetallhaltigen dar. Obwohl es bisher keinen Hinweis auf biologische Interferenz gab, sollten Korrosionsuntersuchungen und auch kontrollierte Tests an Nickel-Allergikern weiter Aufschluß über mögliche Auflösung dieses als auch anderer Elemente geben. (Weber 1983)

Die Verarbeitung von edelmetallfreien Dentalgußwerkstoffen erfordert höheren Aufwand an Arbeitszeit und Hilfsmitteln als bei Verwendung von Edelmetallwerkstoffen. Insbesondere der Vergießbarkeit, der Lötbarkeit, der spanenden Bearbeitung und der keramischen Verblendungsfähigkeit sind engere Grenzen gesetzt als bei Edelmetallwerkstoffen vergleichbarer biologischer Unbedenklichkeit. Alle bisher bekannten Maßnahmen, die Verarbeitungseigenschaften zu verbessern, gehen zu Lasten der biologischen Unbedenklichkeit bzw. Lebensdauer des Zahnersatzes. (Hohmann 1984)

Die eben aufgeführten Beobachtungen und Feststellungen verdeutlicht die Entwicklung der im Verblendbereich metallrandfreien Krone, bei der die Verblendung im marginalen Bereich durch das Bebrennen mit schrumpfungsarmen Schultermassen hergestellt wird.

Mit dem in dieser Arbeit untersuchten Cerestore-System wird eine Arbeitsweise angestrebt, die es ermöglichen soll, vollkeramische Kronen in größerem Umfang als bisher der Routinearbeit zuzuführen. Vergleichende Untersuchungen zwischen Metallkeramikkronen und Cerestore-Vollkeramikkronen an Hunden haben gezeigt, daß größere Plaqueakkumulationen und somit stärkere Entzündungserscheinungen an Restaurationen mit Metallkeramikkronen festgestellt wurden als bei Cerestore-Vollkeramikkronen. (Riley et. al. 1983)

Voraussetzung bei der Entwicklung dieses Systems muß es sein, die verschiedenen Arbeitsschritte so zu standardisieren, daß Fehlermöglichkeiten bei der Herstellung auf ein Minimum reduziert werden. Die Einzelrestauration wird als Indikation für die Cerestore-Krone angesehen. Die Gründe hierfür sind in erster Linie in der bisher in Hinblick auf Brückenarbeiten noch weiter zu erprobenden Festigkeit, wie aber auch spezielle Arbeitsmodifikationen bei der Herstellung solcher größeren Restaurationen anzusehen. Für die Präparation eines Zahnes zur Aufnahme einer Cerestore-Krone hat sich die ausgeprägte Hohlkehle als günstig erwiesen. Die Abdrucknahme kann grundsätzlich mit allen üblichen Materialien erfolgen.
Im zahntechnischen Labor werden entweder auf direktem Wege oder über Doublierung des Meistermodells Einzelstümpfe aus Epoxymaterial hergestellt. Dieses Material ist bei Temperaturen von etwa 180°C, wie sie im weiteren Arbeitsgang auftreten, außerordentlich kantanstabil. Nach der Aushärtung des Epoxy sowie nach der Vorbereitung des Stumpfes wird auf demselben ein Wachskäppchen modelliert, welches in seinem Aussehen vollkeramisch zu verblendenden Metallrestaurationen ähnelt, aber im Gegensatz zu diesen eine Wandstärke von etwa 0,6 mm besitzt. Das Wachskäppchen wird in das Grundmaterial (core-material) überführt, das aus Aluminiumoxid sowie einem Silikon als Trägermaterial besteht. In diesem Stadium (green stade) läßt sich das Material in seiner gesamten Form und auch am Rand noch nacharbeiten. Das Käppchen kann nunmehr in einem speziellen Brennofen in einem mehrere Stunden dauernden Brennprozess gesintert werden. Sinn der Sinterung ist es nicht allein das Erzeugen der eigentlichen Stabilität, sondern es finden aufgrund der dabei ablaufenden chemischen Prozesse, in die auch der Silikonträger eingebunden ist, Volumenänderung der Gestalt statt, daß die durch Sinterungs-

prozesse bedingte Schrumpfung des Käppchens wieder ausgeglichen wird. (Sozio, Riley 1983)
Darüberhinaus soll sogar durch diesen Brennprozess, wie aber auch möglicherweise nochmals wiederholte Brennvorgänge eine weitere Volumenänderung im Sinne einer Vergrößerung des Käppchens möglich sein. Nach der Feinaufpassung des gebrannten Käppchens (Gerüst) auf das Meistermodell kann die Beschichtung bzw. das Brennen mit dem zum Cerestore-System gehörigen Dentin- und Schmelzmassen erfolgen.

Ziel der Arbeit

In Hinblick auf die besondere Bedeutung des Randspalts bei Kronen, spielt die Paßform eine wichtige Rolle.
Ziel dieser Arbeit soll es sein, Dimensionsveränderungen während der Herstellung einer CERESTORE-Krone zu untersuchen.
Daher wurden die vom Hersteller empfohlenen Arbeitsrichtlinien modifiziert um somit einerseits die durch die einzelnen Arbeitsschritte bedingten Effekte hervorheben, und andererseits mögliche Empfehlungen für die Praxis geben zu können.

Prüfkörperherstellung

Zum Zweck der Standardisierung des Arbeitsablaufs zur Herstellung einer CERESTORE-Krone wurde ein Metallstumpf aus V_2A-Stahl auf der Drehbank angefertigt, der als Prüfkörperformer diente.
Dieser Prüfkörperformer ist ein Kegelstumpf mit einem Konuswinkel von 3° und einer 1 mm breiten zirkulären Stufe. Als Meßstrecke wurde der Durchmesser des Kegelstumpfs auf der Höhe der zirkulären Stufe festgelegt.
Die Bestimmung des Stumpfdurchmessers wurde entsprechend dem in Kapitel Vermessung der Prüfkörper beschriebenen Methode vorgenommen, er beträgt: d = 7.96 mm.

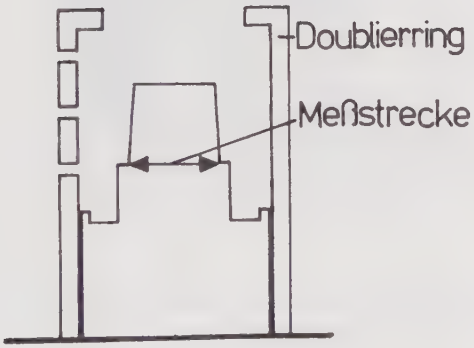


Abb. 1 Schematische Darstellung des Prüfkörperformers

Damit die Position des Prüfkörperformers beim Doublieren festgelegt, und für eine konstante Schichtdicke des Doubliermaterials gesorgt war, wurde ein Doublierring aus Messing mit einer Passung zum Sockel des Prüfkörperformers angefertigt.
Mit diesem Metallstumpf wurden 4 Prüfkörperserien hergestellt. Um eine statistische Aussage treffen zu können setzte sich jede Prüfkörperserie aus 6 Prüfkörpern zusammen.

Abb. 2 Prüfkörperformer mit Doublierring

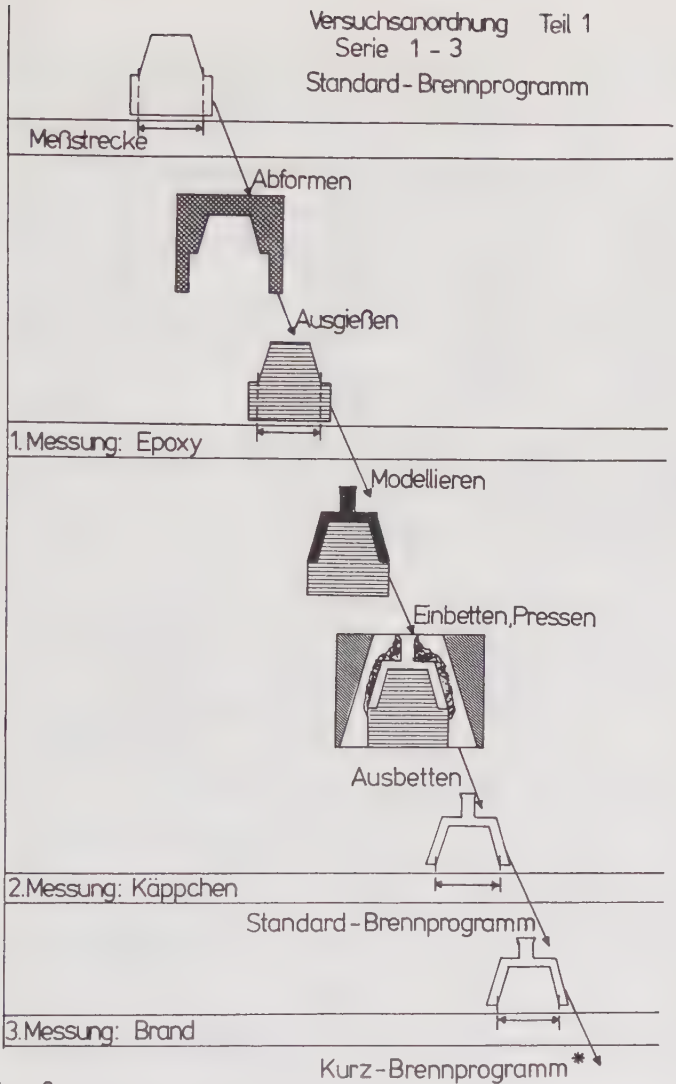


Abb. 3

Das dargestellte Schema zeigt zum einen die verschiedenen Arbeitsschritte im Labor sowie die jeweils eingefügten Messungen zum Dimensionsverhalten der einzelnen Materialien, bzw. Formen.

* Das Kurz-Brennprogramm wird in der Versuchsanordnung Teil 2 (Abb. 4) beschrieben.

Entsprechend der in Abbildung 3 beschriebenen Versuchsanordnung Teil 1, sind 3 Prüfkörperserien hergestellt worden.
Die Serien 1-3 unterscheiden sich durch die Höchsttemperatur im Standard-Brennprogramm, welches durch folgende Temperatur- und Zeitintervalle bestimmt wird:

1. Aufheizen von Raumtemperatur bis 500°C
   in 3,5 Stunden.
2. Halten der Temperatur von 500°C
   für 2 Stunden.
3. Steigen von 500°C bis zur Höchsttemperatur
   in 5 Stunden.
4. Halten der Höchsttemperatur für
   eine halbe Stunde.
5. Abkühlen von der Höchsttemperatur bis 800°C
   in 50 Minuten.
6. Abschalten des Programms und freies Abkühlen
   von 800°C bis Raumtemperatur in 3,5 Stunden.

Die Höchsttemperatur wurde wie folgt gewählt:
   Serie 1: 1302 grd
   Serie 2: 1312 grd
   Serie 3: 1322 grd
Die Temperaturangabe "grd" ist gerätspezifisch.

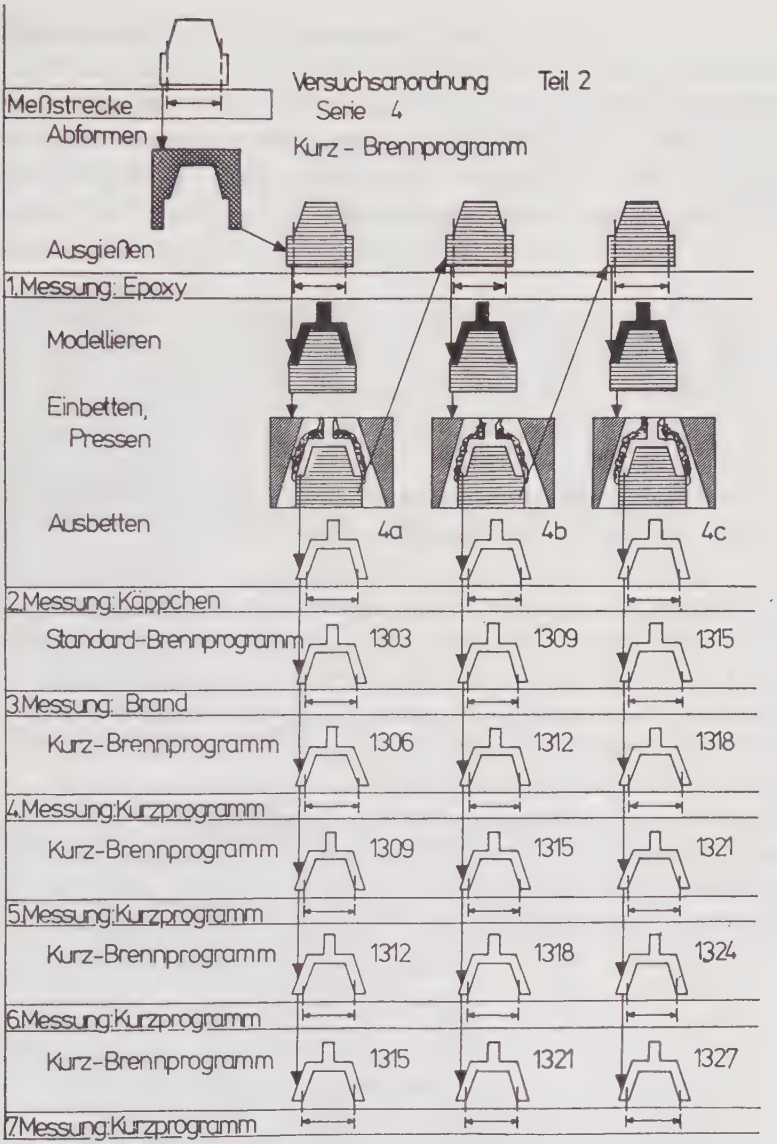


Abb. 4 Schema zur Darstellung des Kurz-Brennprogramms

Mit der Serie 4 ist das Dimensionsverhalten des Gerüsts beim Kurz-Brennprogramm untersucht worden. Dieses Kurz-Brennprogramm ist nur an ein Standard-Brennprogramm anzuschließen und sorgt für zusätzliche Expansion des bereits gebrannten Gerüsts. Vom Anfang bis zum Ende durchläuft das Kurz-Brennprogramm vier Abschnitte in 7 Stunden und 20 Minuten.

1. Steigen der Temperatur von Raumtemperatur bis zur Höchsttemperatur in 2,5 Stunden.
2. Halten der Höchsttemperatur für 30 Minuten.
3. Abkühlen von der Höchsttemperatur bis auf 800°C in 50 Minuten.
4. Abschalten des Programms und freies Abkühlen von 800°C bis auf Raumtemperatur in 3,5 Stunden.

Im Unterschied zu Serie 1-3 wurden bei dieser vierten Serie auf einem Epoxystumpf 3 Gerüste modelliert und gepreßt. Man erhielt also aus der Serie 4 mit 6 Epoxystümpfen durch dreifache Modellation je Stumpf wieder 3 Serien, Serie 4a, 4b und 4c, mit jeweils 6 Käppchen bzw. 6 Gerüsten. Um das Dimensionsverhalten des Gerüsts nach dem Kurz-Brennprogramm bei unterschiedlicher Temperatur untersuchen zu können, wurden die drei Serien dem Standard-Brennprogramm mit unterschiedlicher Höchsttemperatur unterzogen.

Serie 4a: 1303 grd
Serie 4b: 1309 grd
Serie 4c: 1315 grd

Nach dem Standard-Brennprogramm durchlief jedes Gerüst noch viermal das Kurz-Brennprogramm, wobei jedesmal die Temperatur um 3 grd erhöht wurde.

Arbeitsablauf:

Der Prüfkörperformer wurde mit einer Schicht des Abdruckmaterials CINCH VINYL umgeben (Abb. 5) und dann in den mit CINCH VINYL gefüllten Doublierring gedrückt. (Abb. 6) Das überschüssige Abdruckmaterial konnte durch die im Doublierring befindlichen Bohrungen entweichen.

Abb. 5
Beschichten des Prüfkörperformers mit CINCH VINYL

Abb. 6
Positionieren des Prüfkörperformers im Doublierring

Nach dem Aushärten (7 - 10 min) des Abdruckmaterials wurde der Metallstumpf entfernt und die Doublierform mit CERESTORE-EPOXY-DIE-SEPARATOR übersprüht.
Das CERESTORE-EPOXY-MODELL und STUMPF-MATERIAL wurde im Beutel durchmischt, in einen Becher gegeben und dazu die erforderliche Menge Katalysator ($7 \cdot 10^{-5}$ l) eingerührt. Unter einer Vakuumglocke (Abb. 7) wurde das Epoxy bis nach dem Aufschäumen evakuiert und anschließend in die Doublierform gegossen.

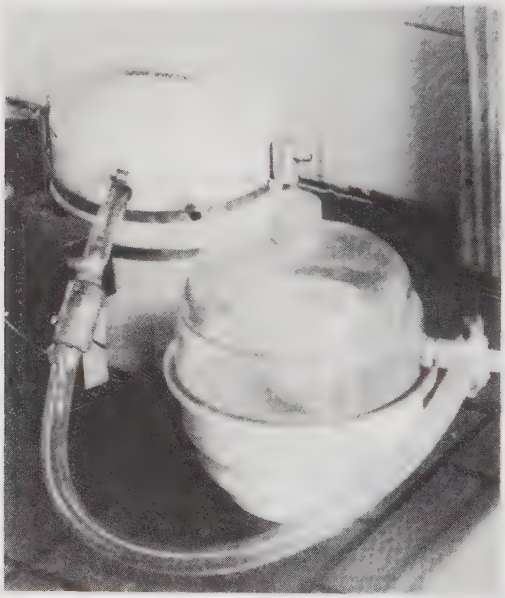


Abb. 7
Evakuieren des Epoxymaterials vor dem Einbringen in die Doublierform unter einer Vakuumglocke

Der Epoxystumpf härtete mindestens 6 Stunden bei Raumtemperatur aus, bevor er vom Abdruck getrennt wurde. Danach wurde der Epoxystumpf (Abb. 8) bei Raumtemperatur in den Ofen gestellt, auf 160°C erwärmt und zwei Stunden nachgehärtet.
Der CERESTORE-RELEASE-FILM II wurde vor der Wachsmodellation so auf den Epoxystumpf aufgetragen, daß er etwa 1 mm vor der Stufe endete und somit die Meßpunkte frei von Isolierfilm blieben. Anschließend erfolgte die Modellation des Gerüsts, der angebrachte Gußkanal hatte einen Durchmesser von 4 mm und war etwa 2 cm lang. (Abb. 9)

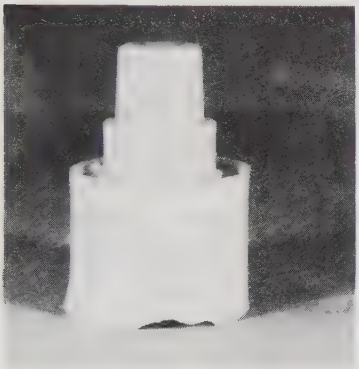


Abb. 8
Vom Abdruck getrennter Epoxystumpf vor dem Nachhärten bei 180°C

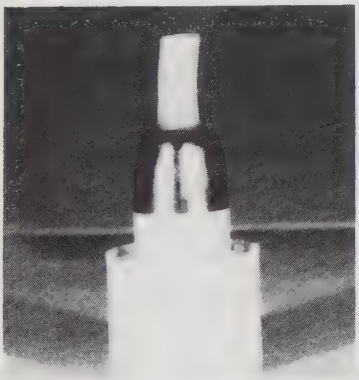


Abb. 9
Auf einen Epoxystumpf modelliertes Wachskäppchen, welches mit einem "Gußkanal" versehen ist.

Entsprechend einer zweizeitigen Einbettung wurde auf das Wachskäppchen eine Schicht Stone aufgetragen, dem 10 Tropfen CERESTORE-KERN-PLASTER-SEPARATOR beigemengt war. Nachdem der Stone abgebunden hatte wurde der beschichtete Epoxystumpf auf einer Basisplatte so fixiert, daß der Gußkanal in der Mitte der Muffelöffnung lag und sich die Spitze des Gerüsts 1 cm unterhalb der Muffeloberkante befand (Abb. 10).
Der zweite Teil der Einbettung erfolgte mit Alabastergips, einer sehr dünnen Mischung von CERESTORE-INVESTMENT-PLASTER (Abb. 11).
Um nach dem Abbinden das Wachs auszubrühen, gab man die Muffel in kochendes Wasser, eine Pipette diente dazu, das Wachs auszuspülen.

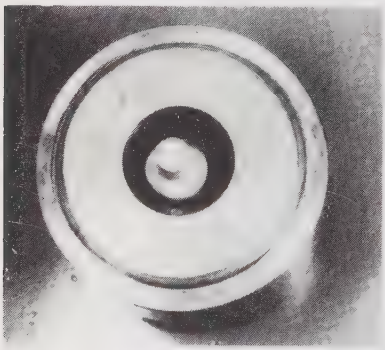


Abb. 10
Die Modellation wird mit Stone beschichtet und zusammen mit dem darunter befindlichen Epoxystumpf in der Mitte einer druckfesten Form fixiert.

Abb. 11
Die Wachsmodellation wird mit Hilfe von Alabastergips in einer druckfesten Stahlform eingebettet.

In einem auf 180°C einjustierten Vorwärmofen betrug die Vorwärmzeit für die Muffel mindestens 90 min. Damit die Keramiktabletten zum Formpressen Raumtemperatur erreichten, wurden sie mindestens 15 Minuten davor dem Kühlschrank entnommen. Die vorgewärmte Muffel wurde in der zentralen Vertriefung des Oberteils mit einem Pellet des Grundmaterials (core-material) beschickt und unter die Presse (Abb. 12) gestellt, in die Hohlform der Muffel gepreßt und 10 Minuten unter Stempeldruck gehalten. Durch die Temperatur wird das Pellet, das aus Aluminiumoxid und einem Silikon als Trägermaterial besteht, so weit plastifiziert, daß es in die Hohlform gepreßt werden kann.

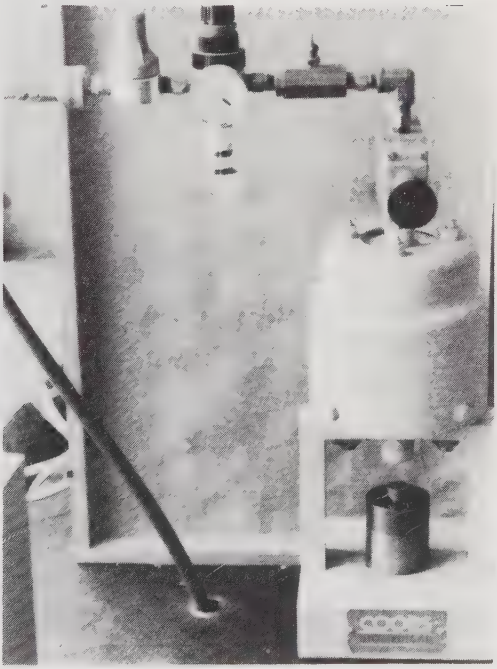


Abb. 12
Presse mit vorgewärmter Muffel, durch deren Oberteil mittels Stempel eine Tablette in die im Unterteil vorhandene Hohlform gepreßt wurde.

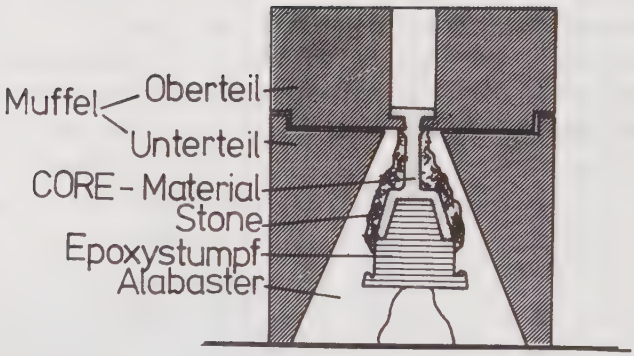


Abb. 13
Schemazeichnung: Schnitt durch eine Muffel mit eingebetteter CERESTORE-Krone.

Nach einer Abkühlungsphase folgte dem Ausbetten (Abb. 14) das Säubern der Gerüstoberfläche von Gipsresten, bevor das Gerüst vom Stumpf abgenommen wurde.

Abb. 14
Ausgebettetes, noch auf dem Epoxystumpf befindliches Keramikkäppchen, das sich nun im sogenannten grünen Stadium befindet.

Abb. 15
Das Käppchen ist gesäubert, der zuführende Gußkanal wurde abgetrennt.

Im CERESTORE-Brennofen (Abb. 16) wurden die Gerüste dem Standard-Brennprogramm und dem Kurz-Brennprogramm unterzogen.

Abb. 16
Die Käppchen werden in dem speziellen Brennofen während einem mehrstündigen Brennprozess einer Sinterung unterzogen.

Vermessung der Prüfkörper

Als Meßstrecke wurde der in Abbildung gekennzeichnete Durchmesser des Metallstumpfs in Höhe der zirkulären Stufe gewählt.

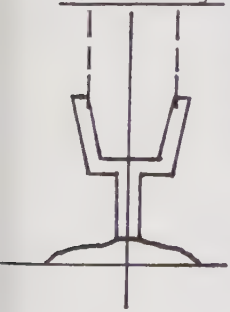
Folgende Messungen wurden vorgenommen:

1. Epoxystumpf vor der Wachsmodellation
2. Käppchen nach dem Pressen
3. Gerüst nach dem Standard-Brennprogramm
4. Gerüst nach dem Kurz-Brennprogramm

1. Messung: EPOXY

Zur Kontrolle der Meßgenauigkeit besteht die Messung aus drei Meßwerte. Die erste und die beiden anderen Meßwerte wurden senkrecht zur Stumpfachse und parallel zur Stufe ermittelt.
Die zweite Messung wurde nach einer Drehung um 90° um die Stumpfachse vorgenommen.
Zum dritten Meßwert wurde der Stumpf willkürlich in seiner Längsachse weiterrotiert.

2. Messung: KÄPPCHEN "green stade"



Das Käppchen wurde mit einem parallelisierenden Stempel (Abb. 17) in eine auf einem Objektträger befindliche plastische Masse gedrückt, daß die Meßstrecke in einer Ebene parallel zum Meßtisch lag. Es wurde wiederum dreimal gemessen und daraus der Mittelwert bestimmt.

3. Messung: BRAND

und

4. Messung: KURZPROGRAMM

Das Gerüst wurde nach dem Standard-Brennprogramm, bzw. nach dem Kurz-Brennprogramm wie zur 2. Messung einjustiert und in gleicher Reihenfolge vermessen.

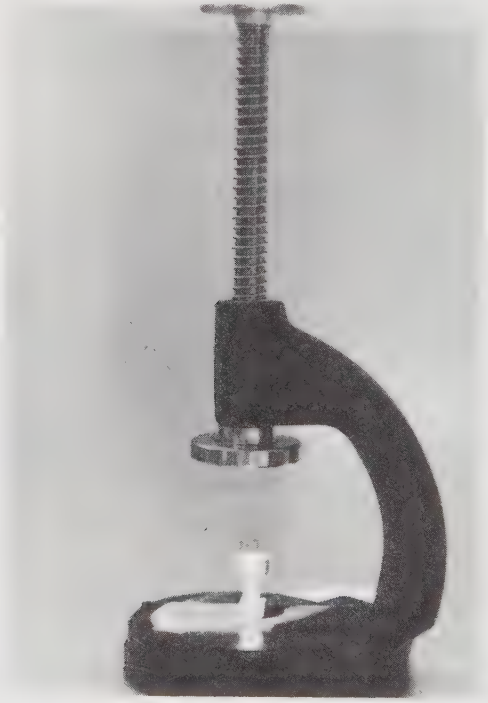


Abb. 17
Mit Hilfe einem Stempel wurden die Käppchen zur Messung parallelisiert.

Meßvorrichtung

Die Meßvorrichtung besteht aus einem Meßtisch und einem Mikroskop, das an einem Quertrieb mit Mikrometerskala angebracht ist.
Der Meßtisch kann in horizontaler Ebene über einen Kreuztrieb mit zwei Mikrometerschrauben in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen bewegt werden.
Im Okular des Mikroskops ist ein Achsenkreuz eingebracht. Wird eine zu messende Probe eingesetzt, bringt man den Schnittpunkt der Achsen durch Justierung mit dem Meßtisch mit dem Anfangspunkt der Meßstrecke zur Deckung. Mit dem Quertrieb wird das Mikroskop zum Endpunkt der Meßstrecke gefahren und der Meßwert kann auf der dazugehörigen Skala abgelesen werden.

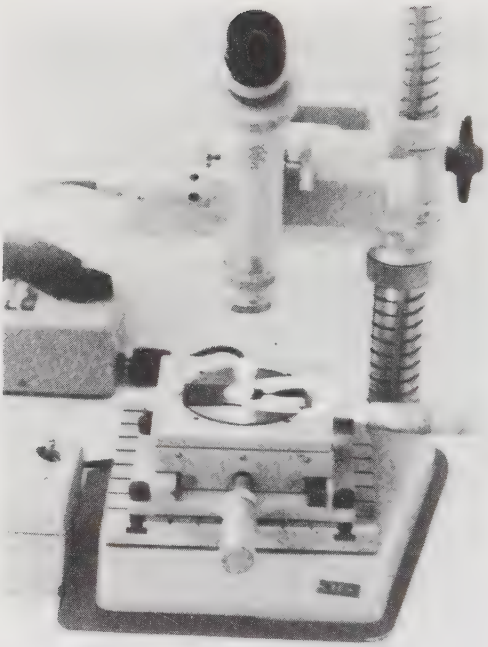
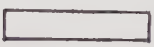


Abb. 18
Mikroskop mit Meßskala und
zu vermessendem Käppchen.

Graphische Darstellung

Legende: Serie 1-3 (Standard-Brennprogramm)

In den drei folgenden Graphiken sind in deren ersten 6 Spalten unter der Bezeichnung Stumpf 1 bis Stumpf 6 die Dimensionsänderungen jedes einzelnen Prüfkörpers nach dem entsprechenden Arbeitsschritt aufgetragen. In jeder Spalte sind vier Werte angegeben:

1.  EPOXY - zeigt die Formveränderung des Epoxystumpfs bezüglich des Prüfkörperformers, gemessen vor der Wachsmodellation. Angegeben ist die Differenz zwischen dem Durchmesser des Epoxystumpfs und dem Durchmesser des Prüfkörperformers.

2. KÄPPCHEN "green stade" - gibt die Dimensionsänderung nach dem Formpressen wieder. Hier ist die Differenz zwischen dem Käppchendurchmesser vor dem Standard-Brennprogramm und dem Durchmesser des Epoxystumpfs angegeben.

3. BRAND - zeigt das Formverhalten der Gerüste nachdem die Käppchen das Standard-Brennprogramm durchlaufen haben. Es erscheint wieder die Differenz zwischen dem Durchmesser des Prüfkörpers vor dem Standard-Brennprogramm und dem Durchmesser nach dem Standard-Brennprogramm.

4. GERÜST - beinhaltet die Summe aller gemessenen Veränderungen des Durchmessers. Dabei kommt die Dimension des gebrannten Gerüsts im Vergleich zur Ausgangsform zum Ausdruck.

Alle Werte sind in % angegeben.

In der 7. Spalte, "Mittelwert", sind die Meßwerte von den 6 Prüfkörpern der Serie zusammengefaßt.
Angegeben ist der Mittelwert aller Meßwerte der Serie für die entsprechende Meßreihe: Epoxy, Käppchen "green stade" und Brand sowie für den 4. Teil der Spalte mit der Bezeichnung Gerüst.

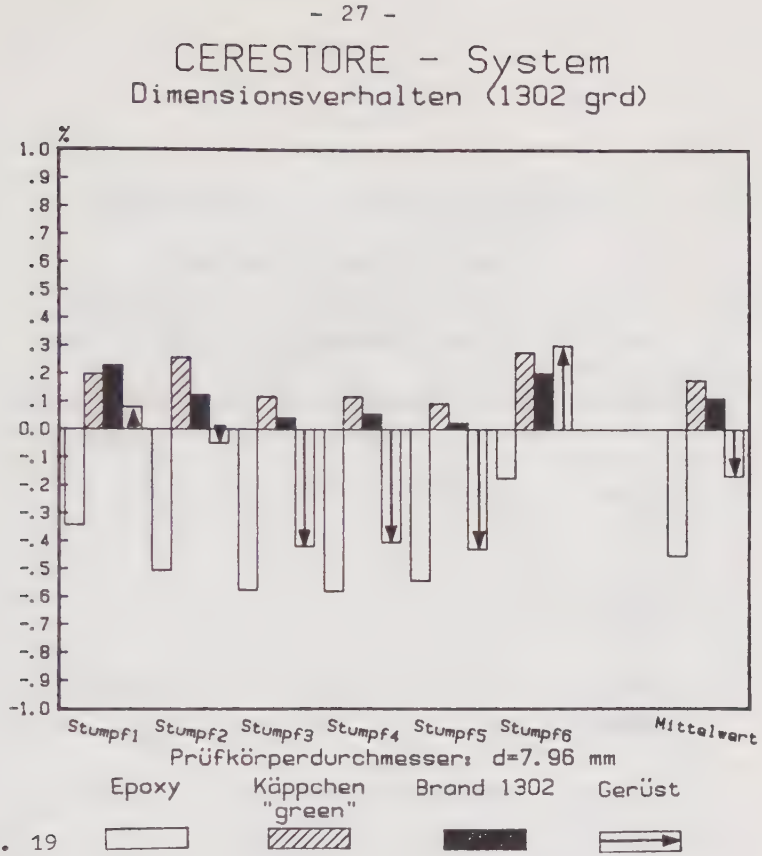


Abb. 19

Von dem Prüfkörperformer wurden nach der Doublierung mit CINCH-VINYL sechs Epoxystümpfe hergestellt, auf die dann Käppchen gepreßt wurden. Die Käppchen wurden in der Serie 1 bei 1302 grd gebrannt. Die einzelnen Vermessungen am Epoxystumpf (1. Messung), beim Käppchen (2. Messung) und im gebrannten Stadium (3. Messung), werden im Säulendiagramm durch die ersten drei Säulen einer jeden Gruppe dargestellt. Diese ersten drei Säulen einer jeden Gruppe geben die Dimensionsveränderung der Form im Vergleich zum vorhergehenden Arbeitsschritt an. Die vierte Säule mit "Gerüst" bezeichnet, ist die Summe aller vorangegangener Formveränderungen und zeigt die Dimension bezüglich der Ausgangsform an.

Tabelle 1

CERESTORE - System

Dimensionsverhalten

Serie 1: Brenntemperatur 1302 grd

Durchmesser des Prüfkörperformers: d=7.96 mm

Messung	Formveränderung		Standardabweichung
	mm	%	mm
Epoxy	-0.03622	-0.45505	0.012947
Käppchen	+0.01399	+0.17660	0.006243
Brand 02	+0.00880	+0.11078	0.006925
Gerüst	-0.01336	-0.16785	0.024488

Anhand der Mittelwertbildung läßt sich die durchschnittliche Formveränderung darstellen. In der Tabelle 1 sind die Werte der Serie 1 aufgelistet, die im Säulendiagramm (Abb. 19) in der Rubrik "Mittelwert" graphisch dargestellt sind. Die Werte für die einzelnen Stümpfe 1-6 sind der Tabelle 5 im Anhang zu entnehmen.

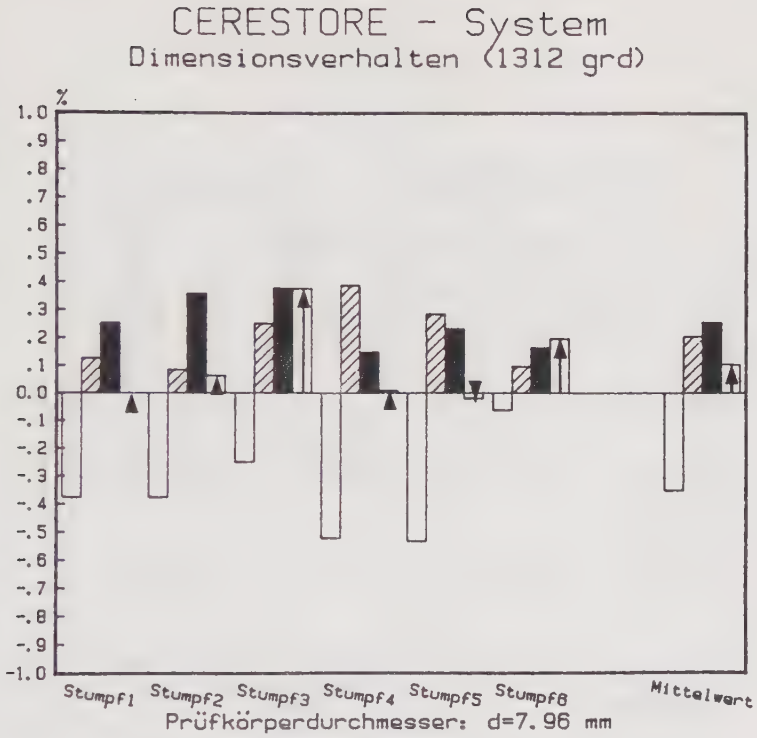


Abb. 20

Von dem Prüfkörperformer wurden nach der Doublierung mit CINCH-VINYL sechs Epoxystümpfe hergestellt, auf die dann Käppchen gepreßt wurden. Die Käppchen wurden in der Serie 2 bei 1312 grd gebrannt. Die einzelnen Vermessungen am Epoxystumpf (1. Messung), beim Käppchen (2. Messung) und im gebrannten Stadium (3. Messung), werden im Säulendiagramm durch die ersten drei Säulen einer jeden Gruppe dargestellt. Diese ersten drei Säulen einer jeden Gruppe geben die Dimensionsveränderung der Form im Vergleich zum vorhergehenden Arbeitsschritt an. Die vierte Säule mit "Gerüst" bezeichnet, ist die Summe aller vorangegangener Formveränderungen und zeigt die Dimension bezüglich der Ausgangsform an.

Tabelle 2

CERESTORE - System

Dimensionsverhalten

Serie 2: Brenntemperatur 1312 grd

Durchmesser des Prüfkörperformers: d=7.96 mm

Messung	Formveränderung		Standardabweichung
	mm	%	mm
Epoxy	-0.02819	-0.35420	0.014127
Käppchen	+0.01625	+0.20498	0.009649
Brand 12	+0.02022	+0.25444	0.007621
Gerüst	+0.00827	+0.10399	0.012349

Anhand der Mittelwertbildung läßt sich die durchschnittliche Formveränderung darstellen. In der Tabelle 2 sind die Werte der Serie 2 aufgelistet, die im Säulendiagramm (Abb. 20) in der Rubrik "Mittelwert" graphisch dargestellt sind. Die Werte für die einzelnen Stümpfe 1-6 sind der Tabelle 6 im Anhang zu entnehmen.

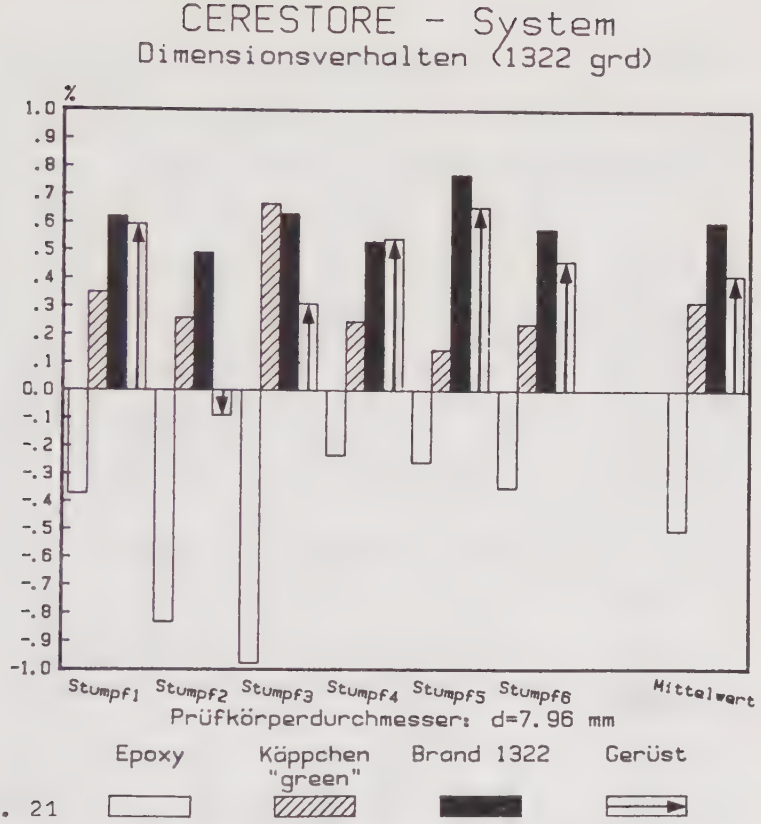


Abb. 21

Von dem Prüfkörperformer wurden nach der Doublierung mit CINCH-VINYL sechs Epoxystümpfe hergestellt, auf die dann Käppchen gepreßt wurden. Die Käppchen wurden in der Serie 3 bei 1322 grd gebrannt. Die einzelnen Vermessungen am Epoxystumpf (1. Messung), beim Käppchen (2. Messung) und im gebrannten Stadium (3. Messung), werden im Säulendiagramm durch die ersten drei Säulen einer jeden Gruppe dargestellt. Diese ersten drei Säulen einer jeden Gruppe geben die Dimensionsveränderung der Form im Vergleich zum vorhergehenden Arbeitsschritt an. Die vierte Säule mit "Gerüst" bezeichnet, ist die Summe aller vorangegangener Formveränderungen und zeigt die Dimension bezüglich der Ausgangsform an.

Tabelle 3

CERESTORE - System

Dimensionsverhalten

Serie 3: Brenntemperatur 1322 grd

Durchmesser des Prüfkörperformers: d=7.96 mm

Messung	Formveränderung		Standardabweichung
	mm	%	mm
Epoxy	-0.04022	-0.50530	0.025365
Käppchen	+0.02516	+0.31813	0.014397
Brand 22	+0.04795	+0.60356	0.007815
Gerüst	+0.03290	+0.41335	0.021653

Anhand der Mittelwertbildung läßt sich die durchschnittliche Formveränderung darstellen. In der Tabelle 3 sind die Werte der Serie 3 aufgelistet, die im Säulendiagramm (Abb. 21) in der Rubrik "Mittelwert" graphisch dargestellt sind. Die Werte für die einzelnen Stümpfe 1-6 sind der Tabelle 7 im Anhang zu entnehmen.

Die Prüfkörper der Serie 1-3 durchliefen das Standard-Brennprogramm mit unterschiedlicher Höchsttemperatur.
Die Bezeichnung "Brand 1302 grd" ist der Serie 1 zugeordnet und stellt die Expansion des Gerüsts nach dem Standard-Brennprogramm bei einer Höchsttemperatur von 1302 grd dar.
Die Bezeichnung "Brand 1312 grd" gehört zu Serie 2 und "Brand 1322 grd" zu Serie 3 und ist gleichbedeutend mit der gewählten Höchsttemperatur im Standard-Brennprogramm der entsprechenden Serie.
In den Spalten 1-6 sind die Meßwerte der Einzelstümpfe der Serie 1-3 aufgetragen, in der Spalte "Mittelwert" erscheint der Mittelwert aus den 6 Einzelstümpfen jeder Serie.

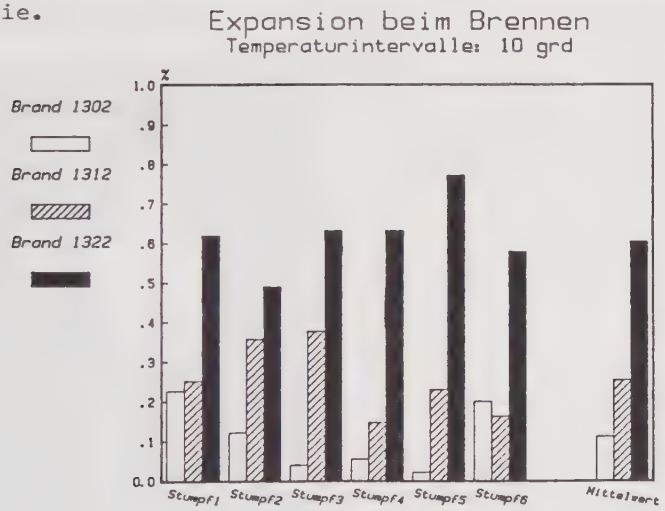


Abb. 22

Die Graphik "Expansion beim Brennen" zeigt die Expansion des Gerüsts nach dem Standard-Brennprogramm bezüglich des Käppchens im ungebrannten Zustand ("green stade").

Ergebnis

Standard-Brennprogramm

Jedes Gerüst zeigt nach dem Standard-Brennprogramm im untersuchten Temperaturbereich von 1302 - 1322 grd bezüglich dem Käppchen im ungebrannten Zustand ("green stade") eine Expansion. Die Größe der Expansion hängt von der gewählten Höchsttemperatur im Standard-Brennprogramm ab. Höhere Höchsttemperatur führt zu größerer Expansion. Reponiert man das gebrannte Gerüst auf die Ausgangsform, den Prüfkörperformer, so ist folgendes festzustellen:
Die Prüfkörper der Serie 1 (Brand 1302 grd) weisen einen deutlichen Randspalt auf (Abb. 23), sie sind zu klein.

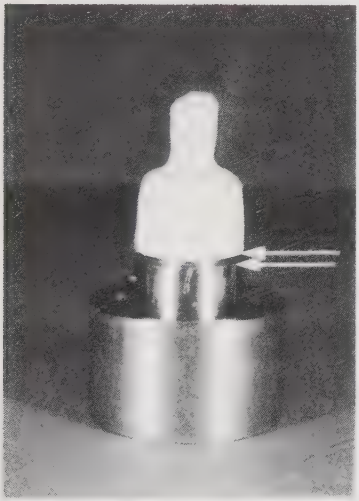


Abb. 23
Käppchen der Serie 1
auf den Prüfkörperformer
reponiert.

Die Prüfkörper der Serie 2 (Brand 1312 grd) haben einen guten Randschluß (Abb. 24) und ausreichend Friktion, sie passen.

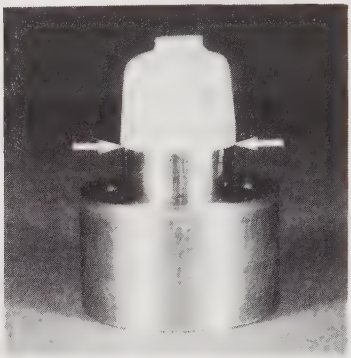


Abb. 24
Käppchen der Serie 2
auf den Prüfkörperformer
reponiert.

Die Prüfkörper der Serie 3 (Brand 1322 grd) haben keinerlei Friktion und zeigen einen überstehenden Rand (Abb. 25), sie sind zu groß.

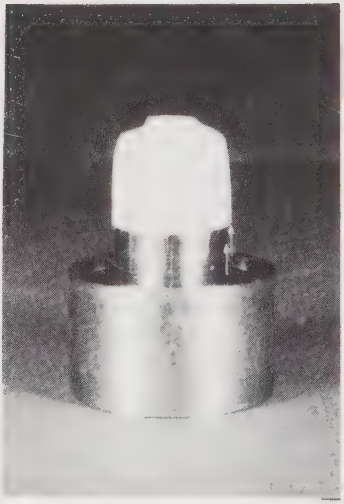


Abb. 25
Käppchen der Serie 3
auf den Prüfkörperformer
reponiert.

Graphische Darstellung

Legende: Serie 4 (Kurz-Brennprogramm)

In den drei folgenden Graphiken sind in deren ersten 6 Spalten unter der Bezeichnung Stumpf 1 bis Stumpf 6 die Dimensionsänderung jedes einzelnen Prüfkörpers nach dem entsprechenden Arbeitschritt aufgetragen.
In jeder Spalte sind 5 Werte angegeben:

1. BRAND - Da dem Kurz-Brennprogramm stets das Standard-Brennprogramm vorausgehen muß, ist als erster Wert die Dimensionsänderung der Gerüste nach dem Standard-Brennprogramm angegeben. Es erscheint die Differenz zwischen dem Durchmesser des Prüfkörpers vor dem Standard-Brennprogramm und dem Durchmesser nach dem Standard-Brennprogramm.
2. KURZPROGRAMM
3. KURZPROGRAMM
4. KURZPROGRAMM
5. KURZPROGRAMM - Jeder Prüfkörper durchlief viermal, wobei jedesmal die Höchsttemperatur um 3 grd gesteigert wurde. Angegeben ist die Differenz zwischen dem Durchmesser des Prüfkörpers vor und nach dem entsprechenden Kurz-Brennprogramm.

In der 7. Spalte, "Mittelwert", sind die Meßwerte von den 6 Prüfkörpern der Serie zusammengefaßt. Angegeben ist der Mittelwert aller Meßwerte der Serie für die entsprechende Meßreihe.

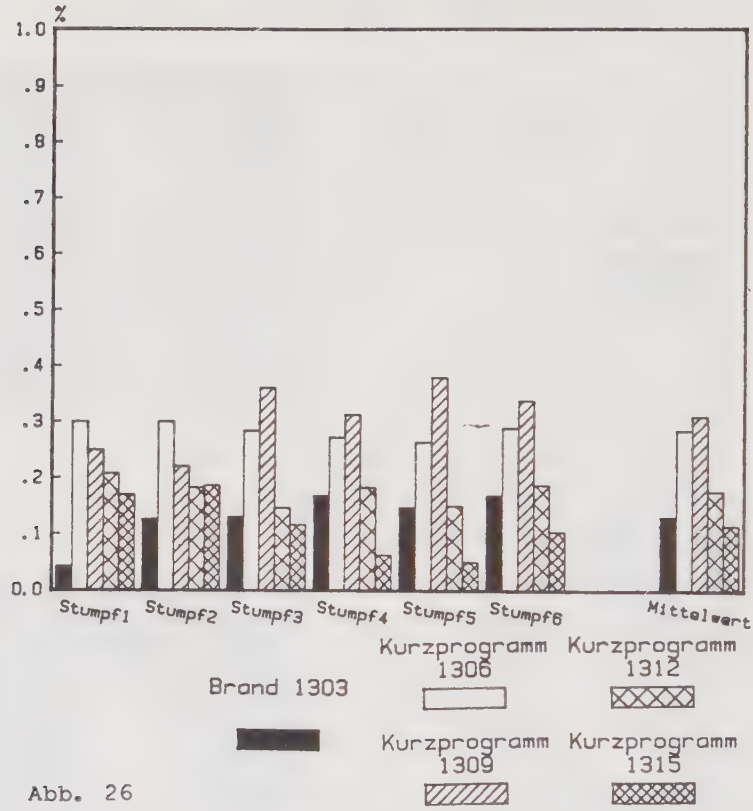


Abb. 26

Die Serie 4 a besteht aus 6 Käppchen, die auf den Epoxystümpfen der Serie 4 modelliert und gepreßt wurden. Diese 6 Käppchen wurden dem Standard-Brennprogramm mit einer Höchsttemperatur von 1303 grd unterzogen. (1. Messung: BRAND 1303 grd). Anschließend durchliefen die 6 Gerüste viermal das Kurz-Brennprogramm, wobei die Höchsttemperatur jedesmal um 3 grd gesteigert wurde (2.-5. Messung: KURZ-PROGRAMM 1306 - 1315 grd).
Die Meßwerte sind der Tabelle 8 im Anhang zu entnehmen.

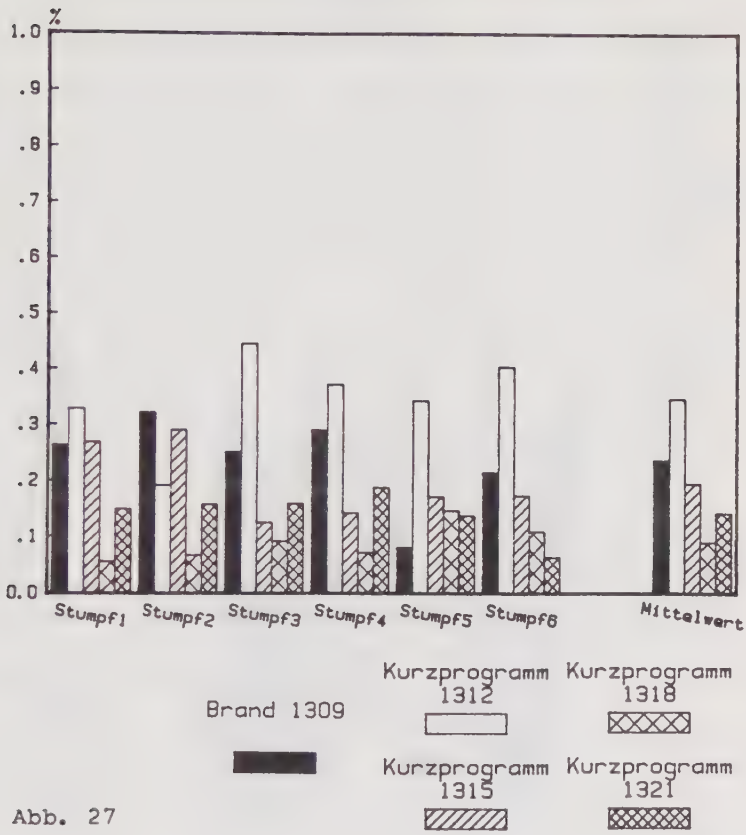


Abb. 27

Die Serie 4 b besteht aus 6 Käppchen, die auf den Epoxystümpfen der Serie 4 modelliert und gepreßt wurden. Diese 6 Käppchen wurden dem Standard-Brennprogramm mit einer Höchsttemperatur von 1309 grd unterzogen (1. Messung: BRAND 1309 grd). Anschließend durchliefen die 6 Gerüste viermal das Kurz-Brennprogramm, wobei die Höchsttemperatur jedesmal um 3 grd gesteigert wurde (2.-5. Messung: KURZ-PROGRAMM 1312 - 1321 grd).
Die Meßwerte sind der Tabelle 9 im Anhang zu entnehmen.

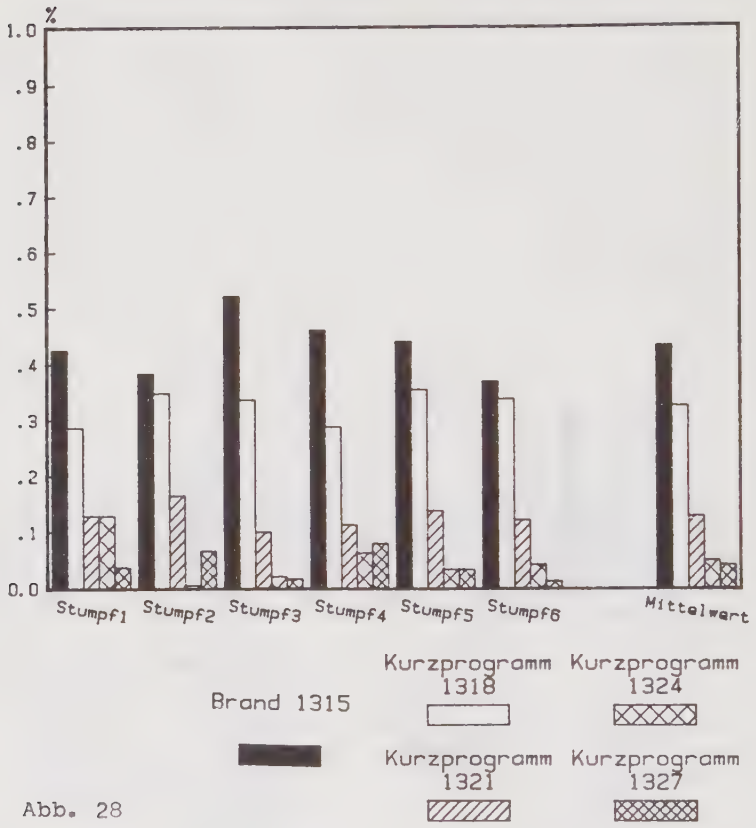


Abb. 28

Die Serie 4 c besteht aus 6 Käppchen, die auf den Epoxystümpfen der Serie 4 modelliert und gepreßt wurden. Diese 6 Käppchen wurden dem Standard-Brennprogramm mit einer Höchsttemperatur von 1315 grd unterzogen (1. Messung: BRAND 1315 grd). Anschließend durchliefen die 6 Gerüste viermal das Kurz-Brennprogramm, wobei die Höchsttemperatur jedesmal um 3 grd gesteigert wurde (2.-5. Messung: KURZ-PROGRAMM 1315 - 1327 grd).
Die Meßwerte sind der Tabelle 10 im Anhang zu entnehmen.

Ergebnis

Kurz-Brennprogramm

Jedes Gerüst zeigt nach dem Kurz-Brennprogramm im untersuchten Temperaturbereich von 1306 - 1327 grd eine Expansion. Die größte Expansion wird in den beiden ersten Durchläufen im Kurz-Brennprogramm erreicht, in den beiden folgenden ist nur noch eine geringe Expansion zu verzeichnen.
Reponiert man ein Käppchen im noch ungebrannten Zustand (Käppchen "green stade") auf die Ausgangsform, den Prüfkörperformer, so ist in der Regel ein Randspalt zu erkennen (Abb. 29), das Käppchen ist zu klein.

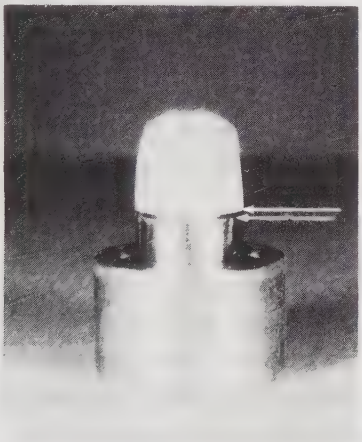


Abb. 29
Käppchen der Serie 4b
im ungebrannten Zustand
auf den Prüfkörperformer
reponiert.

Ist der Randspalt nach dem Standard-Brennprogramm mit einer Höchsttemperatur z. B. von 1306 grd noch zu erkennen (Abb. 30), ist das Gerüst immer noch zu klein.

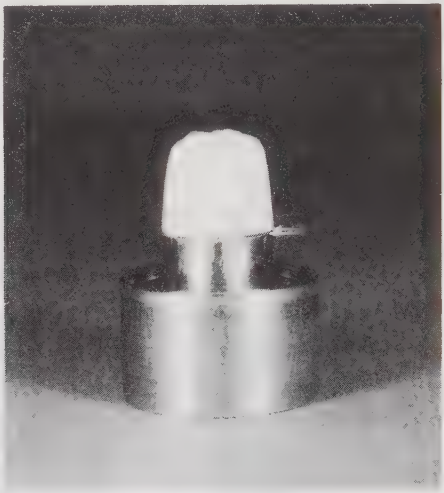


Abb. 30
Käppchen der Serie 4b,
nach dem Standard-Brennprogramm
mit einer Höchsttemperatur von
1306 grd gebrannt, auf den Prüfkörperformer reponiert.

Wird das Gerüst nach dem Durchlaufen des Kurz-Brennprogrammes mit einer Höchsttemperatur von 1309 grd wieder auf die Ausgangsform zurückgesetzt ist kein Randspalt mehr zu erkennen (Abb. 31). Das Gerüst ist korrigiert.

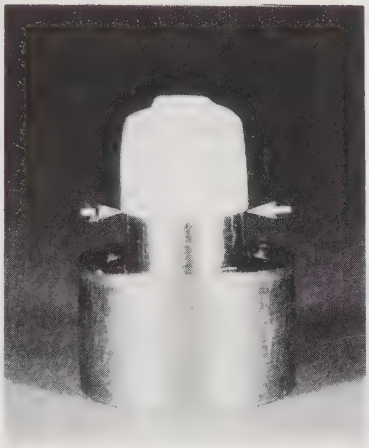


Abb. 31
Käppchen der Serie 4b
nach dem Kurz-Brennprogramm
mit einer Höchsttemperatur
von 1309 grd, auf den Prüf-
körperformer reponiert.

Mit Hilfe des Kurz-Brennprogrammes ist es möglich ein Gerüst das bereits das Standard-Brennprogramm durchlaufen hat, in seiner Dimension zu korrigieren.
Allerdings ist nur eine Expansion zu erreichen.
Auch bei wiederholtem Kurzprogrammdurchlauf expandiert das Käppchen.

Graphische Darstellung

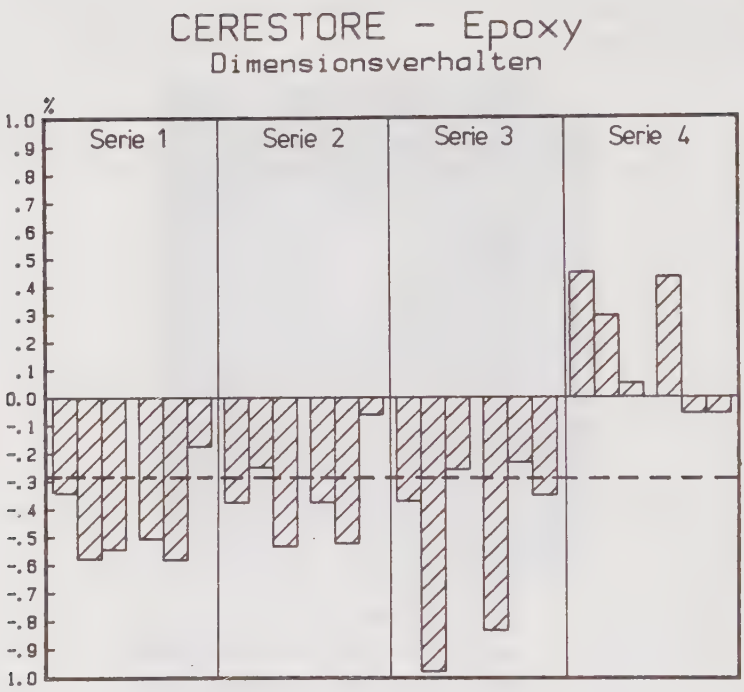


Abb. 32 **Prüfkörperserie: Epoxystümpfe**

Die Graphik "CERESTORE-Epoxy" stellt die Epoxystümpfe, zusammengefaßt in einer Prüfkörperserie, dar. In den 4 Spalten mit der Bezeichnung Serie 1 bis Serie 4, sind die 6 Epoxystümpfe jeder Serie aufgeführt. Angegeben ist die Differenz zwischen dem Durchmesser der Epoxystümpfe und der Ausgangsform, dem Prüfkörperformer. Die gestrichelte Linie gibt den Mittelwert aus allen 24 Epoxystümpfen an.

Tabelle 4

CERESTORE - System

Dimensionsverhalten der Epoxystümpfe

Serie	Stumpf	Mittelwert	Differenz(mm)	Differenz(%)
1	1	7.9326	-.0274	-.3434
1	2	7.9197	-.0403	-.5067
1	3	7.914	-.046	-.5779
1	4	7.9136	-.0464	-.5821
1	5	7.9167	-.0433	-.5444
1	6	7.946	-.014	-.1759
2	1	7.93	-.03	-.3769
2	2	7.93	-.03	-.3769
2	3	7.94	-.02	-.2513
2	4	7.9184	-.0416	-.5235
2	5	7.9175	-.0425	-.5339
2	6	7.955	-.005	-.0628
3	1	7.9303	-.0297	-.3727
3	2	7.8937	-.0663	-.8333
3	3	7.882	-.078	-.9799
3	4	7.9413	-.0187	-.2345
3	5	7.9393	-.0207	-.2596
3	6	7.932	-.028	-.3517
4	1	7.9956	+.0356	+.4461
4	2	7.9943	+.0343	+.4313
4	3	7.9833	+.0233	+.2931
4	4	7.9553	-.0047	-.0586
4	5	7.964	+.004	+.0503
4	6	7.9553	-.0047	-.0586

In der Tabelle 4 sind die Messungen (Mittelwert aus 3 Meßwerte) der Epoxystümpfe aller 4 Serien aufgelistet. Die Differenz (mm oder %) bezeichnet den Unterschied zwischen entsprechendem Epoxystumpf und dem Prüfkörperformer.

Ergebnis

Epoxy

Das Formverhalten des Epoxystumpfs ist großen Schwankungen unterworfen. Es sind sowohl Kontraktionen als auch Expansionen aufgetreten. Der Mittelwert aus der Differenz zwischen dem Durchmesser des Epoxystumpfs und des Prüfkörperformers von -0.2826 % deutet darauf hin, daß bei der Herstellung von Epoxystümpfen mit einer Schrumpfung zu rechnen ist. Allerdings läßt die Standardabweichung von 0.3545 % auf große Schwankungen schließen.
Dies bedeutet, daß ein Epoxystumpf, hergestellt von einem Stumpf mit dem Durchmesser d = 7,96 mm durchschnittlich einen um 0,023 mm kleineren Durchmesser aufweist. Durch die große Standardabweichung, was bei gleichem Ausgangsdurchmesser Abweichungen von 0,028 mm erwarten läßt, kann Epoxystümpfe ergeben, die den gleichen Durchmesser wie das Ausgangsmodell aufweisen oder einen um 0,0564 mm geringeren Durchmesser zeigen. Durch die Chargenunterschiede des vom Hersteller angebotenen Materials ist es möglich, daß zwar innerhalb der einzelnen Chargen die Schwankungen nicht so groß sind, aber über die Gesamtheit der Chargen betrachtet sind die Schwankungen beträchtlich.
Unterschiede beim Doublieren und Ausgießen mit Epoxy sind nicht berücksichtigt, beides wäre noch zu untersuchen.

Zusammenfassung

Mit dem CERESTORE-System werden Vollkeramikkronen hergestellt, die bezüglich ihrer Paßgenauigkeit untersucht wurden. Im Unterschied zur konventionellen Herstellungsweise von Jacketkronen mittels Platinfolie wird das Gerüst der CERESTORE-Krone auf einen Epoxystumpf gepreßt, bevor es dem Sinterungsporzess unterzogen wird.
Der Epoxystumpf dient als Formhilfe beim Pressen des Gerüsts und wird entweder durch Ausgießen des vom Zahnarzt hergestellten Abdrucks oder durch Doublieren des Meistermodells hergestellt.
Allgemein liegt die Problematik bei der Herstellung von Jacketkronen in der Paßgenauigkeit, die sich vor allem an der Präparationsgrenze zeigt. Zum einen muß eine ausreichende Stabilität der Krone erreicht werden, was eine Stufenpräparation bedingt, zum anderen führt der Sinterungsprozess der Grundmasse beim Grundbrand zu Schrumpfungen. Der Zahntechniker muß durch Übermodellation oder durch Korrekturbrand am Präparationsrand Randspaltbildung vermeiden.
Die Besonderheit beim CERESTORE-System liegt einerseits im Pressen des Käppchens, was eine genauere Randgestaltung, auch bei Hohlkehlpräparation, zuläßt, andererseits in der Eigenschaft des Gerüsts, dessen Dimension durch die Wahl der Höchsttemperatur im Standard-Brennprogramm oder durch erneutes Brennen im Kurz-Brennprogramm verändert werden kann.
Ziel dieser Arbeit war es, die Dimensionsveränderungen während der Herstellung einer CERESTORE-Krone zu untersuchen.

In die Untersuchung sind folgende Arbeitsschritte eingegangen:

- Herstellung des Epoxystumpfs
- Pressen eines Käppchens
- Brennen der Käppchen im Standard-Brennprogramm
- Brennen der Gerüste im Kurz-Brennprogramm

Die einzelnen Versuchsreihen wurden nach den vom Hersteller empfohlenen Arbeitsrichtlinien erstellt.
Die Prüfkörper wurden mittels eines standardisierten Stumpfes, dem Prüfkörperformer, angefertigt und unter einem Lichtmikroskop vermessen. Als Ergebnis der vorliegenden Arbeit können folgende Punkte festgehalten werden:

1. Epoxystumpf
   Das Formverhalten des Epoxystumpfs ist großen Schwankungen unterworfen. Durch den Doublierschritt des Meistermodells und durch das Dreikomponentensystem, Pulver, Flüssigkeit, Katalysator, durch die Verarbeitung des Materials, Mischen im Beutel, Dosierung des Katalysators und durch die Chargenunterschiede des vom Hersteller angebotenen Materials, ist das Epoxy die Stelle im System mit dem größten Unsicherheitsfaktor.
2. Standard-Brennprogramm
   Die Expansion des Gerüsts ist von der gewählten Höchsttemperatur im Standard-Brennprogramm abhängig. Die Gradeinteilung bei der Wahl der Höchsttemperatur ist gerätspezifisch, daher kann die vom Hersteller angegebene Höchsttemperatur als Empfehlung aufgefaßt werden.

Bei dem in dieser Untersuchung verwendeten Brennofen wurden im Standard-Brennprogramm bei einer Höchsttemperatur von 1312 grd Gerüste mit gutem Randschluß und ausreichender Friktion erreicht. Bei geringerer Höchsttemperatur wiesen die Gerüste einen deutlichen Randspalt auf. Bei höherer Höchsttemperatur haben die Gerüste keine Fiktion.

3. Kurz-Brennprogramm

Das Gerüst kann nach dem Standard-Brennprogramm dem Kurz-Brennprogramm unterzogen werden. Wird die Höchsttemperatur gegenüber dem Standard-Brennprogramm erhöht, erfährt das Gerüst dabei eine Expansion. Auch erneutes Durchlaufen des Kurz-Brennprogrammes mit wiederum erhöhter Höchsttemperatur bewirkt eine Expansion des Gerüsts. Dadurch ist eine Korrektur des Gerüsts möglich.

Besonderes Augenmerk ist zukünftig auf das Modellmaterial, das Epoxy, zu legen. Sollte es gelingen, die Schwankungen im Dimensionsverhalten zu reduzieren, ist es möglich noch bessere Ergebnisse in Bezug auf die Paßgenauigkeit des Gerüsts zu erreichen.

Durch die Korrektur im Kurz-Brennprogramm ist man in der Lage mit dem CERESTORE-System paßgenaue Vollkeramikkronen herzustellen.

Ebenso wie der Doublierschritt mit unterschiedlichen Doubliermaterialien die Dimension des Gerüsts beeinflussen kann, genauso könnten sich noch Veränderungen der Kronenlumina nach Beschichtung mit Dentin- und Schmelzmasse ergeben. Dies zu eruieren könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Literaturverzeichnis

(1) Europäisches Patentamt: European Patent Application, Publication number: 0 030 850 A 1, Application number: 80304485.8, Date of filing: 12.12.80, Int. Cl.^{3}: A 61 C 5/08, A 61 C 5/10, A 61 C 13/08.

(2) Freesmeyer, W. B.: Dimensionsänderung und Verbundfestigkeit. Die Quintessenz d. Zahntechnik, 65 - 74, (1981).

(3) Freesmeyer, W. B., Hambrok, H.-J. und Körber, E.: Dimensionsänderungen an verblendeten Kronen Dtsch. zahnärztl. Z. 34. 190 - 192 (1979).

(4) Hohmann, W.: Qualitätsmerkmale von edelmetallfreien Dentalgußwerkstoffen. Die Quintessenz d. Zahntechnik, 93 - 96 (1984).

(5) McLean, J. W.: Wissenschaft und Kunst der Dentalkeramik. Berlin, Quintessenz, 1978.

(6) Mühlemann, H. R., Rateitschak, K. H. und Renggli,H.H.: Parodontologie. 2. Aufl. Stuttgart, Thieme, 1978.

(7) Riley, E. J., Sozio, R. B., Shklar, G. und Krech, K.: Shrink-free ceramic crown versus ceramometal: A comparative study in dogs. The Journal of Prosthetic Dentistry, 49, 766 - 771, (1983).

(8) Sozio, R. B., Riley, E. J.: The shrink-free ceramic crown. The Journal of Prosthetic Dentistry, 49, 182 - 187, (1983).

(9) Weber, H.: Wie weit kommen wir ohne Edelmetalle? Zahnärztl. Mitt. 72, 2396 - 2405,(1982).

(10) Weber, H.: Klinische Nachuntersuchung an zwei dentalen Nickel-Chrom-Legierungen für die Metallkeramik Dtsch. zahnärztl. Z. 38, 1026 - 1028, (1983).

Tabelle 5

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 1

Standard-Brennprogramm, Brenntemperatur: 1302 grd

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	7.92	7.916	7.91	7.913	7.92	7.946
2.	7.94	7.92	7.92	7.917	7.905	7.946
3.	7.938	7.923	7.912	7.911	7.925	
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.93267	7.91967	7.914	7.91367	7.91667	7.946
Abweichung des Mittelwertes in mm						
	-.02733	-.04033	-.046	-.04633	-.04333	-.014
Abweichung des Mittelwertes in %						
	-.34338	-.50670	-.57789	-.58208	-.54439	-.17588

Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm) 7.92378
Abweichung des Mittelwertes (mm) -.03622
Abweichung in % -.45505
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm) +.12947
Standardabweichung des Epoxystumpfs (%) +.163397

KÄPPCHEN (3 Meßwerte)

1.	7.952	7.936	7.933	7.921	7.924	7.968
2.	7.949	7.941	7.924	7.924	7.924	7.968
3.	7.944	7.943	7.913	7.925		
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.94833	7.94	7.92333	7.92333	7.924	7.968
Differenz zu Epoxy in mm						
	+.015667	+.020333	+.009333	+.009333	+.007333	+.022
Expansion in %						
	+.197496	+.256745	+.117934	+.117939	+.092632	+.276869

Tabelle 5 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.93783
Mittlere Expansion (mm)						+.01405
Mittlere Expansion (%)						+.176602
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (mm)						+.006243
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1302 grd (3 Meßwerte)						
1.	7.95	7.956	7.942	7.938	7.912	7.982
2.	7.971	7.942	7.914	7.921	7.92	7.99
3.	7.978	7.951	7.924	7.924	7.945	7.98
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.96633	7.94967	7.9265	7.92767	7.92567	7.984
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.018	+.009667	+.003167	+.004333	+.001667	+.016
Expansion in %						
	+.226463	+.121746	+.039966	+.054691	+.021033	+.200803
Mittelwert nach Brand bei 1302 grd						7.94664
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.008806
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.110784
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.006925

Tabelle 6

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 2

Standard-Brennprogramm, Brenntemperatur: 1312 grd

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	7.93	7.93	7.94	7.92	7.92	7.95
2.	7.93	7.93	7.94	7.915	7.915	7.965
3.			7.94	7.92		7.95
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.93	7.93	7.94	7.91833	7.9175	7.955
Abweichung des Mittelwertes in mm						
	-.03	-.03	-.02	-.04167	-.0425	-.005
Abweichung des Mittelwertes in %						
	-.37688	-.37688	-.25126	-.52345	-.53392	-.06281
Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm)					7.93181	
Abweichung des Mittelwertes (mm)					-.02819	
Abweichung in %					-.35420	
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm)					+.014127	

KÄPPCHEN (3 Meßwerte)

1.	7.945	7.95	7.96	7.942	7.94	7.968
2.	7.925	7.93	7.96	7.955	7.94	7.95
3.	7.95	7.93		7.95		7.97
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.94	7.93667	7.96	7.949	7.94	7.96267
Differenz zu Epoxy in mm						
	+.01	+.006667	+.02	+.030667	+.0225	+.007667
Expansion in %						
	+.126103	+.084069	+.251889	+.387287	+.284181	+.096375

Tabelle 6 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.94806
Mittlere Expansion (mm)						+.016250
Mittlere Expansion (%)						+.204984
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (mm)						+.009649
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1312 grd (3 Meßwerte)						
1.	7.96	7.97	7.985	7.963	7.95	7.978
2.	7.96	7.96	7.995	7.961	7.962	7.974
3.				7.958	7.963	7.975
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.96	7.965	7.99	7.96067	7.95833	7.97567
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.02	+.028333	+.03	+.011667	+.018333	+.013
Expansion in %						
	+.251889	+.356993	+.376884	+.146769	+.230898	+.163262
Mittelwert nach Brand bei 1312 grd						7.96828
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.020222
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.254449
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.007621

Tabelle 7

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 3

Standard-Brennprogramm, Brenntemperatur: 1322 grd.

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	7.931	7.891	7.874	7.941	7.94	7.931
2.	7.931	7.895	7.888	7.941	7.938	7.93
3.	7.929	7.895	7.884	7.942	7.94	7.935
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.93033	7.89367	7.882	7.94133	7.93933	7.932
Abweichung des Mittelwertes in mm						
	-.02967	-.06633	-.078	-.01867	-.02067	-.028
Abweichung des Mittelwertes in %						
	-.37270	-.83333	-.97990	-.23451	-.25963	-.35176
Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm)					7.91978	
Abweichung des Mittelwertes (mm)					-.04022	
Abweichung in %					-.50530	
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm)					-.025365	

KÄPPCHEN (3 Meßwerte)

1.	7.942	7.91	7.942	7.97	7.952	7.952
2.	7.971	7.916	7.93	7.962	7.943	7.953
3.	7.961	7.916	7.932	7.951	7.958	7.948
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.958	7.914	7.93467	7.961	7.951	7.951
Differenz zu Epoxy in mm						
	+.027667	+.020333	+.052667	+.019667	+.011667	+.019
Expansion in %						
	+.348871	+.257590	+.668189	+.247649	+.146948	+.239536

Tabelle 7 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.94494
Mittlere Expansion (mm)						+.025167
Mittlere Expansion (%)						+.318131
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (mm)						+.014397
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1322 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.019	7.923	7.99	8.038	8.013	7.999
2.	7.994	7.959	7.981	7.98	8.004	7.991
3.	8.009	7.964	7.983	7.992	8.02	8.001
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.00725	7.95275	7.98475	8.00333	8.01233	7.997
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.04925	+.03875	+.050083	+.042333	+.061333	+.046
Expansion in %						
	+.618874	+.489639	+.631196	+.531759	+.771391	+.578544
Mittelwert nach Brand bei 1322 grd						7.99290
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.047958
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.603567
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.007815

Tabelle 8

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Messung der Expansion beim Kurzprogramm in Intervallen von 3 grd.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 4a

Kurzprogramm: Intervalle von 3 grd (1303 grd - 1315 grd)

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	7.992	7.99	7.982	7.958	7.972	7.951
2.	8.0	7.998	7.988	7.957	7.951	7.955
3.	7.995	7.995	7.98	7.951	7.969	7.96
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.99567	7.99433	7.98333	7.95533	7.964	7.95533
Abweichung des Mittelwertes in mm						
	+.035667	+.034333	+.023333	-.00467	+.004	-.00467
Abweichung des Mittelwertes in %						
	+.448074	+.431323	+.293132	-.05863	+.050251	-.05863

Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm) 7.97467
Abweichung des Mittelwertes (mm) +.014667
Abweichung in % +.184255
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm) +.018784

KÄPPCHEN 4a (3 Meßwerte)

1.	8.01	8.008	8.0	7.958	7.963	7.958
2.	8.02	8.0	7.991	7.989	7.971	7.962
3.	8.012	8.002	7.998	7.973	7.98	7.962
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.014	8.00333	7.99633	7.97333	7.97133	7.96067
Differenz zu Epoxy in mm						
	+.018333	+.009	+.013	+.018	+.007333	+.005333
Expansion in %						
	+.229291	+.112580	+.162839	+.226263	+.092081	+.067041

Tabelle 8 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.98650
Mittlere Expansion in mm						+.011833
Mittlere Expansion in %						+.148387
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (%)						+.005517
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1303 grd						
1.	8.015	8.008	8.019	7.975	7.985	7.964
2.	8.018	8.013	7.993	7.988	7.975	7.976
3.	8.019	8.019	8.008	7.997	7.989	7.982
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.01733	8.01333	8.00667	7.98667	7.983	7.974
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.003333	+.01	+.010333	+.013333	+.011667	+.013333
Expansion in %						
	+.041594	+.124948	+.129226	+.167224	+.146358	+.167490
Mittelwert nach Brand bei 1303 grd						7.99683
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.010333
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.129385
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.003712
KURZPROGRAMM bei 1306 grd						
1.	8.029	8.042	8.04	8.004	8.0	7.998
2.	8.05	8.028	8.019	8.012	8.002	7.998
3.	8.045	8.042	8.029	8.009	8.01	7.995
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.04133	8.03733	8.02933	8.00833	8.004	7.997
Differenz zu Brand 1303 grd (mm)						
	+.024	+.024	+.022667	+.021667	+.021	+.023
Expansion in %						
	+.299351	+.299501	+.283097	+.271285	+.263059	+.288437
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1306 grd						8.01956
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.022722
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.284140
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.001219

Tabelle 8 (Teil 3)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1309 grd (3 Meßwerte)						
	8.052	8.054	8.071	8.039	8.03	8.024
2.	8.067	8.062	8.038	8.023	8.031	8.026
3.	8.065	8.049	8.066	8.038	8.042	8.022
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.06133	8.055	8.05825	8.03333	8.03433	8.024
Differenz zu Brand 1306 grd (mm)						
	+.02	+.017667	+.028917	+.025	+.030333	+.027
Expansion in %						
	+.248715	+.219808	+.360138	+.312175	+.378977	+.337627
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1309 grd						8.00437
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.024819
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.309487
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.005027
KURZPROGRAMM bei 1312 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.07	8.09	8.088	8.059	8.054	8.034
2.	8.082	8.04	8.07	8.04	8.046	8.032
3.	8.082	8.079	8.052	8.045	8.039	8.051
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.078	8.06967	8.07	8.048	8.04633	8.039
Differenz zu Brand 1309 grd (mm)						
	+.016667	+.014667	+.01175	+.014667	+.012	+.015
Expansion in %						
	+.206748	+.182082	+.145813	+.182573	+.149359	+.186939
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1312 grd						8.0585
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.014125
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.175589
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.001896

Tabelle 8 (Teil 4)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1315 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.09	8.091	8.079	8.051	8.051	8.027
2.	8.092	8.093	8.089	8.06	8.053	8.064
3.	8.093	8.07	8.07	8.048	8.047	8.051
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.09167	8.08467	8.07933	8.053	8.05033	8.04733
Differenz zu Brand 1312 grd (mm)						
	+.013667	+.015	+.009333	+.005	+.004	+.008333
Expansion in %						
	+.169184	+.185881	+.115655	+.062127	+.049712	+.103661

Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1315 grd	8.06772
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)	+.009222
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)	+.114441
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)	+.004451

Tabelle 9

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Messung der Expansion beim Kurzprogramm in Intervallen von 3 grd.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 4b

Kurzprogramm: Intervalle von 3 grd (1309 grd - 1321 grd)

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	7.992	7.994	7.982	7.958	7.956	7.954
2.	8.0	7.992	7.988	7.951	7.971	7.951
3.	7.995	7.998	7.98	7.957	7.965	7.953

Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)

7.99567	7.99467	7.98333	7.95533	7.964	7.95267

Abweichung des Mittelwertes in mm

+.035667	+.034667	+.023333	-.00467	+.004	-.00733

Abweichung des Mittelwertes in %

+.448074	+.435511	+.293132	-.05863	+.050251	-.09213

Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm) 7.97428
Abweichung des Mittelwertes (mm) +.014278
Abweichung (%) +.179369
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm) +.019426

KÄPPCHEN 4b (3 Meßwerte)

1.	8.011	8.011	7.995	7.963	7.973	7.956
2.	8.016	7.997	7.992	7.963	7.971	7.953
3.	8.007	8.0	7.998	7.96	7.98	7.96

Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)

8.01133	8.00267	7.995	7.962	7.97467	7.95633

Differenz zu Epoxy in mm

+.015667	+.008	+.011667	+.006667	+.010667	+.003667

Expansion in %

+.195939	+.100067	+.146138	+.083801	+.133936	+.046106

Tabelle 9 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.98367
Mittlere Expansion (mm)						+.009389
Mittlere Expansion (%)						+.117740
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (mm)						+.004203
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1309 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.04	8.014	8.029	7.976	7.988	7.982
2.	8.035	8.04	8.012	7.992	7.972	7.967
3.	8.022	8.031	8.004	7.987	7.983	7.971
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.03233	8.02833	8.015	7.985	7.981	7.97333
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.021	+.025667	+.02	+.023	+.006333	+.017
Expansion in %						
	+.262129	+.320726	+.250156	+.288872	+.079418	+.213666
Mittelwert nach Brand bei 1309 grd						8.00250
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.018833
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.235898
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.006778
KURZPROGRAMM bei 1312 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.061	8.062	8.053	8.009	8.002	7.994
2.	8.072	8.038	8.045	8.014	8.011	8.024
3.	8.043	8.031	8.054	8.021	8.012	7.999
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.05867	8.04367	8.05067	8.01467	8.00833	8.0055
Differenz zu Brand 1309 grd (mm)						
	+.026333	+.015333	+.035667	+.029667	+.027333	+.032167
Expansion in %						
	+.327842	+.190990	+.444999	+.371530	+.342480	+.403428
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1312 grd						8.03025
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.027750
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.346767
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.006960

Tabelle 9 (Teil 3)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1315 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.1	8.058	8.043	8.039	8.023	8.019
2.	8.076	8.077	8.072	8.02	8.014	8.011
3.	8.065	8.066	8.067	8.019	8.029	8.028
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.08025	8.067	8.06067	8.026	8.022	8.01933
Differenz zu Brand 1312 grd (mm)						
	+.021583	+.023333	+.01	+.011333	+.013667	+.013833
Expansion in %						
	+.267828	+.290083	+.124123	+.141407	+.170656	+.172798
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1315 grd						8.04588
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.015625
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.194577
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.005514
KURZPROGRAMM bei 1318 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.083	8.074	8.061	8.034	8.04	8.034
2.	8.101	8.088	8.08	8.041	8.023	8.027
3.	8.07	8.055	8.063	8.02	8.038	8.023
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.08467	8.07233	8.068	8.03167	8.03367	8.028
Differenz zu Brand 1315 grd (mm)						
	+.004417	+.005333	+.007333	+.005667	+.011667	+.008667
Expansion in %						
	+.054660	+.066113	+.090977	+.070604	+.145433	+.108072
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1318 grd						8.05306
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.007181
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.089245
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.002672

Tabelle 9 (Teil 4)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1321 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.082	8.086	8.078	8.057	8.05	8.032
2.	8.105	8.1	8.091	8.034	8.04	8.033
3.	8.103	8.069	8.073	8.049	8.044	8.034
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.09667	8.085	8.08075	8.04667	8.04467	8.033
Differenz zu Brand 1318 grd (mm)						
	+.012	+.012667	+.01275	+.015	+.011	+.005
Expansion in %						
	+.148429	+.156915	+.158032	+.186761	+.136924	+.062282

Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1321 grd	8.06446
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)	+.011403
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)	+.141596
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)	+.003402

Tabelle 10

Meßwerte zum Dimensionsverhalten von vollkeramischen Kronen im CERESTORE-System.
Messung der Expansion beim Kurzprogramm in Intervallen von 3 grd.
Durchmesser des Prüfkörperformers: d = 7.96 mm

Serie 4c

Kurzprogramm: Intervalle von 3 grd (1315 grd - 1327 grd)

EPOXY (3 Meßwerte)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
1.	8.001	8.012	7.998	7.958	7.969	7.966
2.	7.999	8.0	7.98	7.951	7.968	7.968
3.	7.992	7.993	7.979	7.955	7.95	7.959
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	7.99733	8.00167	7.98567	7.95467	7.96233	7.96433
Abweichung des Mittelwertes in mm						
	+.037333	+.041667	+.025667	-.00533	+.002333	+.004333
Abweichung des Mittelwertes in %						
	+.469012	+.523451	+.322446	-.06700	+.029313	+.054439
Mittelwert von Stumpf 1-6 (mm)						7.97767
Abweichung des Mittelwertes (mm)						+.017667
Abweichung des Mittelwertes (%)						+.221943
Standardabweichung des Epoxystumpfs (mm)						+.019843

KÄPPCHEN 4c (3 Meßwerte)

1.	8.002	8.029	7.993	7.962	7.956	7.961
2.	8.006	8.001	7.988	7.957	7.953	7.965
3.	8.011	8.004	7.99	7.958	7.967	7.967
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.00633	8.01133	7.99033	7.959	7.95867	7.96433
Differenz zu Epoxy in mm						
	+.009	+.009667	+.004667	+.004333	-.00367	0
Expansion in %						
	+.112538	+.120808	+.058438	+.054475	-.04605	0

Tabelle 10 (Teil 2)

Mittelwert von Käppchen 1-6 (mm)						7.98167
Mittlere Expansion (mm)						+.004000
Mittlere Expansion (%)						+.050140
Standardabweichung d. gemessenen Expansion (mm)						+.005147
	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
BRAND bei 1315 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.047	8.049	8.029	7.992	8.007	7.976
2.	8.034	8.047	8.027	7.998	7.991	7.993
3.	8.04	8.03	8.04	7.997	7.983	8.012
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.04033	8.042	8.032	7.99567	7.99367	7.99367
Differenz zu Käppchen in mm						
	+.034	+.030667	+.041667	+.036667	+.035	+.029333
Expansion in %						
	+.424664	+.382791	+.521463	+.460694	+.439772	+.368309
Mittelwert nach Brand bei 1315 grd						8.01622
Mittlere Expansion nach Brand (mm)						+.034556
Mittlere Expansion nach Brand (%)						+.432937
Standardabweichung d. Expansion nach Brand (mm)						+.004426
KURZPROGRAMM bei 1318 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.061	8.102	8.067	8.02	8.009	8.008
2.	8.06	8.034	8.068	8.014	8.033	8.023
3.	8.069	8.074	8.042	8.022	8.024	8.031
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.06333	8.07	8.059	8.01867	8.022	8.02067
Differenz zu Brand 1315 in mm						
	+.023	+.028	+.027	+.023	+.028333	+.027
Expansion in %						
	+.286058	+.348172	+.336155	+.287656	+.354447	+.337767
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1318 grd						8.04228
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.026056
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.325035
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.002426

Tabelle 10 (Teil 3)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1321 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.068	8.079	8.063	8.021	8.051	8.044
2.	8.077	8.092	8.079	8.028	8.011	8.028
3.	8.076	8.112	8.059	8.034	8.038	8.019
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.07367	8.08325	8.067	8.02767	8.033	8.03033
Differenz zu Brand 1318 in mm						
	+.010333	+.01325	+.008	+.009	+.011	+.009667
Expansion in %						
	+.128152	+.164188	+.099268	+.112238	+.137123	+.120522
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1321 grd						8.05249
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.101208
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.126933
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.001818
KURZPROGRAMM bei 1324 grd						
1.	8.094	8.092	8.069	8.026	8.061	8.032
2.	8.08	8.078	8.071	8.051	8.018	8.042
3.	8.078	8.081	8.066	8.021	8.028	8.027
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.084	8.08367	8.06867	8.03267	8.03567	8.03367
Differenz zu Brand 1321 in mm						
	+.010333	4.17E-4	+.001667	+.005	+.002667	+.003333
Expansion in %						
	+.127988	+.005155	+.020660	+.062285	+.033196	+.041509
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1324 grd						8.05639
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.003903
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.048467
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.003509

Tabelle 10 (Teil 4)

	Stumpf1	Stumpf2	Stumpf3	Stumpf4	Stumpf5	Stumpf6
KURZPROGRAMM bei 1327 grd (3 Meßwerte)						
1.	8.089	8.072	8.059	8.031	8.062	8.047
2.	8.088	8.089	8.084	8.053	8.021	8.033
3.	8.084	8.106	8.067	8.033	8.032	8.024
Mittelwert der 3 Meßwerte (1.-3.)						
	8.087	8.089	8.07	8.039	8.03833	8.03467
Differenz zu Brand 1324 in mm						
	+.003	+.005333	+.001333	+.006333	+.002667	+.001
Expansion in %						
	+.037110	+.065977	+.016525	+.078845	+.033185	+.012448
Mittelwert nach Kurzprogramm bei 1327 grd						8.05967
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (mm)						+.003278
Mittlere Expansion nach Kurzprogramm (%)						+.040685
Standardabweichung d. Expansion nach Kurzpr.(mm)						+.002144

Herrn Professor Dr. H. Weber sei an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und seine freundliche und zügige Betreuung gedankt.

Lebenslauf

Am 10.08.54 wurde ich, Dietmar Knupfer, in Laichingen als zweiter Sohn des Kaufmanns Karl Knupfer und seiner Ehefrau Hilda Knupfer, geb. Wegst, geboren.
1960 trat ich in die Grundschule Westerheim ein.
1965 wechselte ich auf das Gymnasium Laichingen, wo ich 1974 das Abitur ablegte.
Vom Juli 1974 bis Oktober 1975 leistete ich meinen Wehrdienst ab.
Im Januar 1976 begann meine Zahntechnikerlehre, die ich im Juni 1979 mit der Gesellenprüfung abschloß.
Zum Wintersemester 1980/81 nahm ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität Tübingen auf. Dort unterzog ich mich im Herbst 1981 der naturwissenschaftlichen und im Frühjahr 1983 der zahnärztlichen Vorprüfung. Am 6. Dezember 1985 beendete ich mein Studium mit dem Staatsexamen.
Am 18. Dezember 1985 wurde mir die Approbation erteilt.